

大学環境における体験型空間コンテンツの プロトタイピングシステム

Design and Development of an Instructional System for Experiential Spatial Content
in University Settings

川名 宏和 KAWANA Hirokazu

デジタルハリウッド大学大学院 特任准教授
Digital Hollywood University, Graduate School,
Project Associate Professor

後藤 征章 GOTO Masaaki

デジタルハリウッド株式会社 大学事業部 大学院運営グループ チーフ
Digital Hollywood Co., Ltd., Chief of Graduate School
Administration Group, University Business Division

大学環境における体験型空間コンテンツの試作システムを開発し、その教育的効果を検証した。大学教育においては、座学に加えユーザが探求的で創造的に学ぶための体験的学習の場が求められている。そのため、体験型空間コンテンツを試作するためのシステムの開発と利用フローを設計し、抽出した経験要素とユーザ像（ペルソナ）のニーズを踏まえて教育環境で試行的に運用した。ユーザテストの結果、制作行為を通じてユーザの学習目標への内容理解が深化するとともに、企画表現や制作過程の拡張性や柔軟性が高まることが確認された。本研究は、教材としてのシステムや利用フローを基盤に、プロトタイピング行為を通して機能する教育的価値について考察し、デザイン教育における実践的可能性を示唆する。

1. はじめに

近年、空間を利用した体験型デジタルコンテンツやインスタレーションは、芸術やエンターテインメントのみならず、観光や広告や社会啓発といった幅広い分野に応用されつつある^{[1][2][3]}。特に大阪・関西万博2025^[4]を代表するような国際博覧会（万博）などの大規模イベントでは、未来社会を提示する手段として、空間全体を用いた体験型展示が多用され、来場者が身体的に没入しながら参加できる仕組みが強調されている。こうした潮流は単なる視覚的装飾ではなく、空間演出やインタラクションが「体験の基盤」として位置づけられる点に特徴がある。

教育への応用という観点から重要なのは、これらの没入型体験を単に享受することではなく、それらを自ら設計し、試作するプロセスそのものである。とりわけSTEM教育やデザイン試作においては「実体験を伴う学び」の重要性が指摘されており^[5]、体験型コンテンツのプロトタイピングはこのニーズに適合する実践的手段である。しかし、体験型空間展示を構成する過程では、プログラミング電子工作といった技術的要素に加え、ストーリー設計やデザインや空間演出など複数領域の知識を統合することが不可欠である。この複合的な学習過程は、抽象的な概念を具体的な形へと落とし込む力を養うと同時に、創造性や制作技術や問題解決能力を高める効果を期待できる。

こうした学際的な教育的価値は既存のカリキュラム設計にも反映されつつある。例えば、デジタルハリウッド大学大学院では「SEAD（Science／Engineering／Art／Design）」の教育課程を通じて、科学技術と創造性を架橋する学際実践を推進している^[6]。これはSTEM教育^[7]やメイカーズムーブメント^[8]とも関連性を有しており、領域横断型のプロトタイピング活動を通じた新たな学習の枠組みを提示するものである。また、経済産業省が提唱する「高度デザイン人材」や、ビジネスとテクノロジーとクリエイティブを横断する「BTCモデル」とも親和性が高く、社会的人材育成の文脈にも接続している^{[9][10][11]}。

しかし教育現場における体験型空間コンテンツの試作は容易ではない。高度なプログラミングやハードウェア統合に加え、学習効果を最大化する設計的配慮、さらには時間や予算、人材といった運営的課題が複合的に存在する。先行研究が示すように、創造的な活動を行う現場では、学習者の年齢や所属する教育環境を問わず、

木工や3Dプリンタなどの造形活動に比べ、電子工作やプログラミングは心理的障壁を感じさせやすく、先行研究により負担が報告されている^{[12][13]}。したがって、教育現場でのプロトタイピング実践は、学習者と教育者双方にとって大きな挑戦を伴う。以上を踏まえると、教育現場における体験型空間コンテンツの試作は、万博をはじめとする社会的文脈における体験デザインの価値需要と、教育に期待される学際的で創造的な人材育成とを結びつける重要なプロセスと位置づけられる。そのため本研究では、プログラミング実装に依存しない教材システムを開発し、初学者を含む幅広い学習者が短期間で体験型空間コンテンツを構想や試作できる環境を提案する。これにより、デザインとエンジニアリングの領域横断型の実践に寄与しながら、Design Educationの実践可能性を拓くことで、体験型空間コンテンツのプロトタイピングによる教育的価値の検証と考察を述べる。

2. 関連研究と要件定義

2.1 関連研究

関連研究としては、プロジェクト等の機材やソフトウェアを用いた空間的インタラクションが円滑に実施される試みが報告されている。これらの研究では、体験型空間コンテンツの設計と実装に必要な機材構成や運用上のオペレーション、導入事例が明示されている。機材構成としては、プロジェクトやPCソフトウェアや表示用アセットを基盤とし、インタラクティブの仕組みとしてはカメラ認識などによる操作方法を選定しており、投影対象を床面や壁面に定位させることでインタラクティブな投影面に対して多様なコンテンツ制作を行う学習環境を実現している^{[14][15][16]}。しかしこれらのコンテンツ制作を運用するには、実施時にエンジニアリングの技術的スキルセットの必要性が求められる。

2.2 要件定義

これらの関連研究や先行事例を踏まえつつ、教材設計における要件を以下のように定義した。第一に、学習者がプログラミング作業そのものに多大な時間を割くことなく、表現内容の創出や空間的なデザイン検討に集中し試作を持続的に繰り返せること。第二に、教育現場において即時に活用可能な形で提供され、限られた授業時間内でも成果物を試作し体験できることと定義した。

そのために本研究で開発したシステムは、利用者が画像や映像コンテンツの差し替えと投影位置の調整を行うだけで、インタラクティブな表現を即座に実現できるように設計した。本システムは「プログラミングによる機能試作を学ぶ教材」ではなく、「コンテンツデザインを行うための試作体験を経験する教材」と位置づけられる。この構成により、学習者は創作内容の構想や編集や空間利用の工夫に集中でき、実践的な創造活動を通じてインタラクティブメディアの試作を学習することが可能となる。

2.3 ユーザシナリオ設計

これらの要件をもとに、以下のような利用者像を想定しペルソナを定義した。ペルソナ法は、ユーザの行動から動機とニーズを具体的な人物像として表現する手法であり、ユーザ中心デザイン (UCD) の意思決定を支援する^[16]。

A. 試作作業の初学者

プロトタイピング行為をあまりしたことがなく、企画や論述が多い。

B. 表現活動に関心を持つ学生

インタラクティブな作品制作や空間演出に挑戦したいが、開発環境の構築や複雑なコーディングは負担となる。

C. 制作行為のフィードバック経験が浅い学生

発表や体験型制作におけるフィードバック経験が浅く、部分的な機能実装など、他者からの感想の機会を求めている。

各ペルソナが現実的な環境下でシステムとどのように関わるかを明確にするために、典型的な行動や目標に基づいた仮想的な利用フローを構築した。この内容から、ユーザが「自己表現の拡張」「試作経験の獲得」「インタラクション設計への気づき」といった経験的目標を設定した。ペルソナに基づき、本システムを通してコンテンツ制作の企画設計と試作を行い、制作したコンテンツが、制作者以外のユーザからフィードバックを得られる状態を実現できることを目指す。

3. 実装

3.1 システム構成

本システムは「プログラミングによる機能試作を学ぶ教材」ではなく、「コンテンツデザインを行うための試作体験を経験する教材」として実装を進めた。機材システムの構成図を記す(図1)。運用構成内容には、本研究のために独自に開発したソフトウェアやハードウェアのシステムと、コンテンツ制作を行うための個別に用意した運用オペレーションの整理を行った。各要素は以下の2つで構成されている。

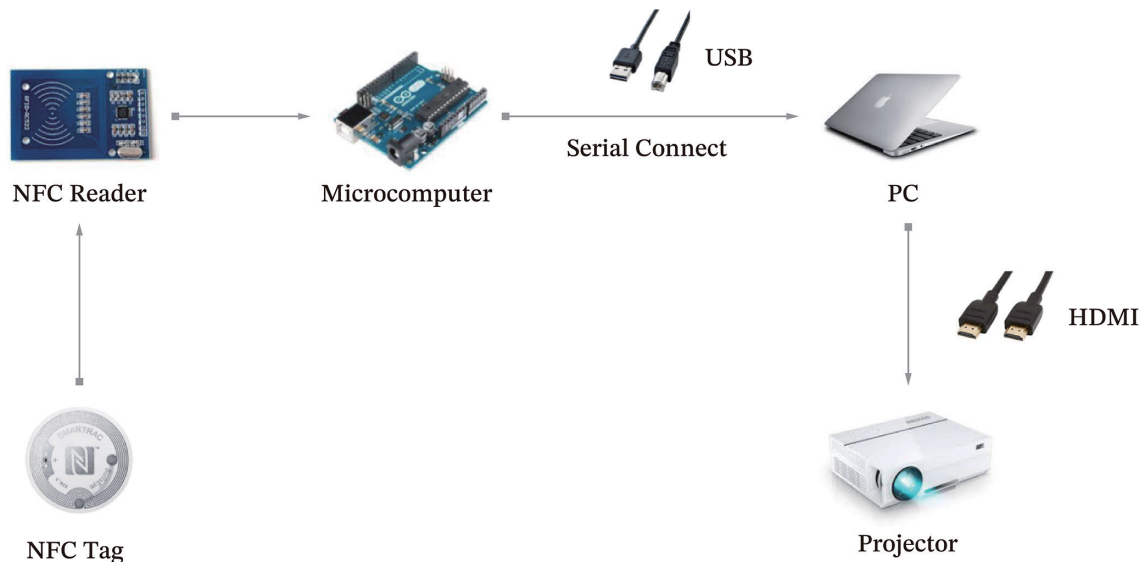


図1：システム構成図

3.1.1 ハードウェア

ハードウェア構成は、プロジェクタとNFCリーダーとマイコンとPCと投影対象(壁面・床面など)からなる基本構成とした。ユーザのインタラクションは、NFCリーダーと複数のNFCタグ(シール)を切り替えることで実現され、利用者は任意のタイミングで表示コンテンツを変更できる(図2)。複雑なカメラトラッキングや多様なセンサーを導入すると、機材調整や機材ごとの機種依存に伴うトラブル対応など、運用面や学習面での負担が大きくなる。本研究ではこうした負担を回避するため、簡易な構成で安定的な利用を行えるように検討した。ユーザは、インタラクション対象の物体にNFCタグを貼付し、それをNFCリーダーにかざすだけで、容易にコンテンツを切り替えることができる。NFCリーダー部分やNFCタグの切り替えの部分はマイコンを利用した機材を開発し(図2.(1))、読み取り時のID情報がNFCリーダーのシリアル通信を通じて、ソフトウェア側に送信される(図2.(2))。

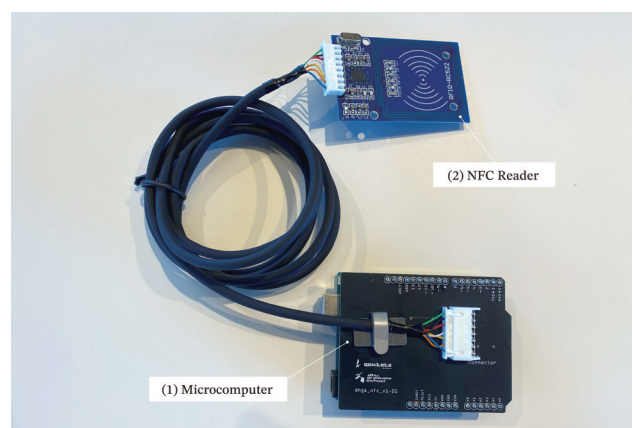
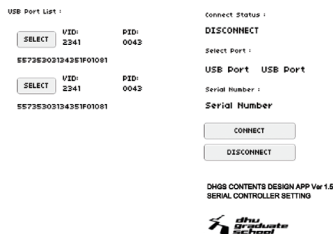


図2：開発したハードウェアシステム

3.1.2 ソフトウェア

コンテンツを表示させるソフトウェアは、設定画面とコンテンツ投影表示画面の2つの機能をもたせた(図3)。ソフトウェア開発は、Unity(C#)で行った。ユーザは、複数のNFCタグのIDに対応した表示コンテンツの切り替えが可能で、PC内のローカルパスを通じて呼び出される。各設定ファイルは、csv ファイルを通じて編集できる状態にした。設定画面では、初回起動時に NFC リーダーのマイ

コンシステム機材とのシリアル接続を設定させる(図3.(1))。コンテンツ投影表示画面では、NFC タグの ID に応じた投影コンテンツが、NFC リーダー読み取り時に瞬時に切り替えて表示される(図3.(2))。ユーザは、NFC タグの読み取りを行っていない待機時の表示コンテンツと NFC タグの読み取り時の表示コンテンツをそれぞれ用意することで、プロジェクタから投影された表示空間に対して動的な行為によってコンテンツの切り替えを実現させている。



(1) config setting mode



(2) contents display mode

図3：ソフトウェアシステム

3.2 利用フローの策定

本システムを実際に利用する前に、具体的な導入や機材説明などのユーザへのインプット情報を整理し、制作に取り組めるように利用フローを策定しオペレーションの運用手順を整備した(図4)。

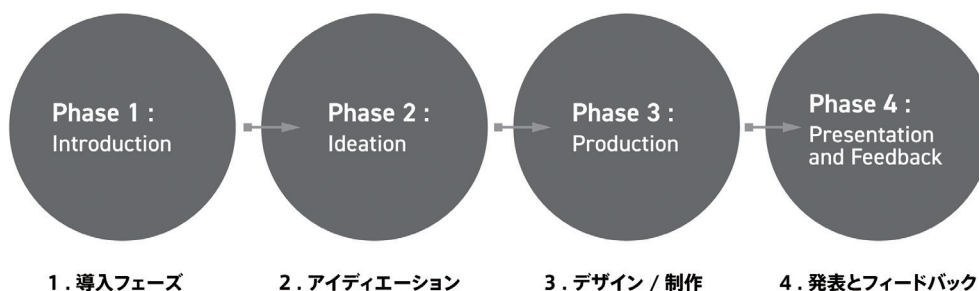


図4：策定した利用フローの構成

4. ユーザテストとケーススタディ

4.1 ユーザテスト

開発したシステムと策定した利用フローからユーザテストを実施した(図5)。本テストはデジタルハリウッド大学大学院における「デザインエンジニアリング」授業において教材として導入し、2021年から2024年までの4年間にわたり、各年度の1Q(全8回)で継続的に実施した。授業の冒頭では、体験型空間コンテンツの産業応用や企画方法に関する事例を紹介し、本システムの利用や機材構成の理解を促し、初学者でも制作の全体像を具体的にイメージできる状態で取り組んだ(図5.(1))。続くアイディエーションの段階では、個人や共同作業のいずれも可能な形式にし、協働による創造性の発揮や自己表現の拡張ができる条件で実施した。また、企画時では高度な機能実装や技術的実現性(フィジビリティ)の検討に重点を置かず、あくまで体験としてのプロトタイピングを優先する姿勢を促した(図5.(2))。制作作業では、ユーザが画像編集や映像編集ツールや生成AIを用いて投影素材(アセット)を準備し、投影位置の調整を行いながら体験型空間コンテンツの試作を行った。加えて、NFC タグを対象物に貼付する作業を取り入れることで、PC 作業のみならず実空間での物理的対象や環境を活用したストーリー設計へと発展させることを意識させた(図5.(3))。制作物の発表に際しては、体験者が

ポストイットで感想を共有する形式と教員による講評を組み合わせ、相互的かつ多角的なフィードバックを行った(図5.(4))。開発したシステムと策定した利用フローを活用することで、学生は着想から制作と発表に至る一連のプロセスを経験した。

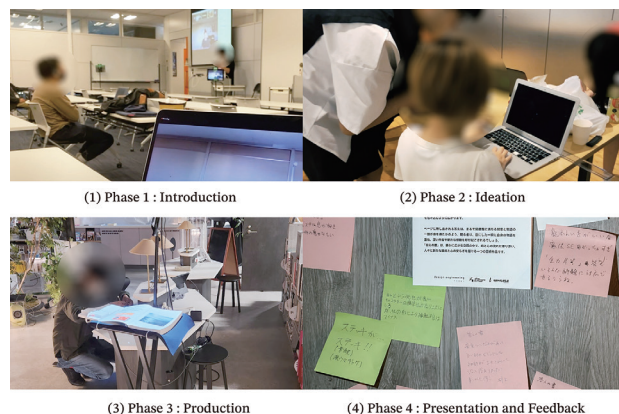


図5：システムと利用フローを活用したユーザテストの様子

4.2 ケーススタディ

ケーススタディとして、ユーザテストの期間で実施した代表的な制作事例には下記のようなものが確認された(図6)。

4.2.1 ケーススタディA

ケーススタディAでは、恐怖体験をテーマにしたインタラクティブ空間を試作した(図6.(1))。展示空間は蔵をリノベーションしたギャラリーで実施した。NFCタグは手書きの御札に貼り付け、御札を台の上に置くことで蔵に住み着いた怨霊を退治するというストーリーで制作した。試作時には、体験の流れの動線設計や映像の演出のタイミング調整が繰り返され、インタラクションの際に壁一面に怨霊の眼が敷き詰められる演出を行った。プロジェクタの映像は壁面全体に投影されるように調整が行われた。和紙や手書き文字の御札などの素材を活用し、体験に影響する空間的演出や造作も行われた。

4.2.2 ケーススタディB

ケーススタディBでは、体験者の趣向にあわせて図書館内の書籍を提案する体験型のサイネージを試作した(図6.(2))。学生証を模したカードにNFCタグを取り付け、書籍を紹介するコンテンツを構築し、ユーザの個人情報から書籍の提案をするというストーリーで制作した。制作時は高度な技術実装は行わず仮想的に体験として重点が置かれる部分を優先的に整理し、概念的な提案ではなく、試作から体験者への経験や理解を促すための制作物の実現に取り組んだ。書籍が開かれたような筐体を作製しその中に小さいディスプレイを内包させ、読書行為に関心をもたせることを意識してサイネージデバイスを試作した。

4.2.3 ケーススタディC

ケーススタディCでは、自然環境を取り入れた体験型の公共空間に機能性や意味性の変化を与えるような試作が行われた(図6.(3))。人工樹木がすでに設置され自然環境を模倣した公共空間に、水面や波紋といった映像コンテンツを表示させることで、空間拡張の試作に取り組んだ。天井にプロジェクタを吊り下げ床面にコンテンツを投影し、個別の葉にNFCタグを設置することで葉の種類によって表示されるコンテンツに拡張性をもたせた。空間拡張の試作を行うことで、すでにある公共空間に対して機能性や意味性の変化する表現として取り組みを行った。

4.2.4 ケーススタディD

ケーススタディDでは、映画作品を一方向性の宣伝手法ではなく、体験コンテンツを通じて紹介できるパッケージの試作を行った(図6.(4))。すでに設置された球体型の照明を利用しコンテンツを表示させた。NFCタグはそれぞれの映画作品のパッケージに貼り付け、技術的な違和感をなくすように制作した。体験者がパッケージをかざすと映画作品に関連する登場人物や文言が表示される。映画作品の要素と関連性のある提案として、体験者に向けた映像と空間を用いた試作を行った。

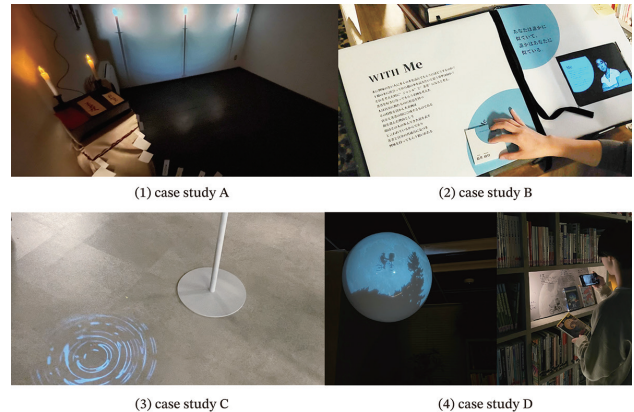


図6：ケーススタディ事例

5. 評価と考察

5.1 評価

ケーススタディのレポートから、本システムの体験に対しての評価を行った。参加者はベルソナ(A～C：初心者から課題を抱えているユーザまで)に基づいて分析。記述内容からBraun & Clarke(2006)に基づくテーマ分析^[17]を適用してコンテンツの試作から本システムの操作性、プロトタイピングの必要性、試作提案のフィードバックと気づきの3テーマを抽出した。

・本システムの操作性

「企画をすぐに形にできた」「初期段階で体験できた」などの記述を確認した。

・プロトタイピングの必要性

「作業の途中でギャップに気づいた」「詳細を詰める必要を感じた」といった記述を確認した。

・試作提案のフィードバックと気づき

「他者からの意見で新たな視点を得た」といった記述を確認した。

5.2 考察

本システムを通した内容から、システムが初学者にとって即時性の高い学習体験を可能にし、学習意欲の喚起につながったと結論づけられる。これは、「作業の途中でギャップに気づいた」等の記述から試作行為を通じた作業へのリフレクションが生じたことを示し、従来の座学では得にくい学習プロセスである。また、講評のプロセスを通じることで生じる「他者からの意見で新たな視点を得た」という結果では協働学習やアクティブラーニングなどの実践に接続され、学習者の相互理解を促し、新たな発見につながる。これらの結果から、体験型空間コンテンツにおけるプロトタイピングの実践が教育的価値を持つ可能性が示唆された。

6. 結論

本研究では、体験型空間コンテンツのプロトタイピングを支援するシステムを提案し、制作物を通じたフィードバックや試行錯誤が創造的学習に有効であることを示した。システムの操作性による初学者参入障壁低減やプロトタイピングを通したリフレクションの促進の効果とともに、成果物のフィードバックからは協働学習やアクティブラーニングの教育的価値の記述が見られた。これらは、UCDやDesign Educationといった理論的枠組みに基づく教材設計指針として位置づけられる。今後は、機能拡張や他の教育現場での適用を通じて、定量的な学習成果の比較などの実践を行い、汎用性と設計指針としての教材モデルの妥当性を検証していく。

参考文献

- [1] Iwai, D. (2024). Projection mapping technologies: A review of current trends and future directions. *Proceedings of the Japan Academy, Series B, Physical and Biological Sciences*, 100(3), PP.234-251.
<https://doi.org/10.2183/pjab.100.012> (Accessed 2025-08-31).
- [2] チームラボボーダレス.
<https://www.teamlab.art/jp/e/tokyo/> (Accessed 2025-08-31).
- [3] MOMENT FACTORY Nightwalk,
<https://momentfactory.com/ja-jp/pages/night-walks/> (Accessed 2025-08-31).
- [4] EXPO 2025 大阪・関西万博,
<https://www.expo2025.or.jp/> (Accessed 2025-08-31).
- [5] Tan, Y. L. K., & Subramaniam, R. (2024). Promoting integrated STEM education among students via fabrication of interactive exhibit. *Frontiers in Education*, 9, 1423158.
<https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1423158> (Accessed 2025-08-31).
- [6] デジタルハリウッド大学大学院 教育課程
<https://gs.dhw.ac.jp/education/curriculum> (Accessed 2025-08-31).
- [7] Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), PP.30-35.
- [8] Anderson, C. (2012). *Makers: The New Industrial Revolution*. 1st ed. Crown Business.
- [9] 経済産業省, 高度デザイン人材育成研究会 ガイドライン及び報告書(2019)
https://www.meti.go.jp/shingikai/economy/kodo_design/20190329_report.html (Accessed 2025-08-31).
- [10] 田川欣哉. (2019). *イノベーション・スキルセット～世界が求めるBTC型人材とその手引き*. 大和書房.
- [11] Milara, I. S., Georgiev, G. V., Riekk, J., Ylioja, J., & Pyykkönen, M. (2017). Human and technological dimensions of making in FabLab. *The Design Journal*, 20(sup1), S1080-S1092.
<https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1353059> (Accessed 2025-08-31).
- [12] Andrews, M. E., & Boklage, A. (2024). Alleviating Barriers Facing Students on the Boundaries of STEM Makerspaces. *JOURNAL OF PHARMACEUTICAL NEGATIVE RESULTS*, 14(7), 772.
<https://doi.org/10.3390/educsci14070772> (Accessed 2025-08-31).
- [13] Astriani, M. S., Martinez, J. J. L., Dirgantoro, B. P., & Yi, L. H. (2022). Dual Installation Style Design Plan for Interactive Projection Mapping. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 13(S10), PP.422-430.
- [14] Nikolakopoulou V, Printezis P, Maniatis V, Kontizas D, Vosinakis S, Chatzigrigoriou P, Koutsabasis P. (2022) Conveying Intangible Cultural Heritage in Museums with Interactive Storytelling and Projection Mapping: The Case of the Mastic Villages. *Heritage*, 5(2):PP.1024-1049.
<https://doi.org/10.3390/heritage5020056> (Accessed 2025-08-31).
- [15] Mille Skovhus Lunding, Germán Leiva, Jens Emil Sloth Grønbæk, and Marianne Graves Petersen. (2022). ProjectAR: Rapid Prototyping of Projection Mapping with Mobile Augmented Reality. In *Adjunct Proceedings of the 2022 Nordic Human-Computer Interaction Conference (NordiCHI '22 Adjunct)*. Association for Computing Machinery, New York, NY
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/3547522.3547679> (Accessed 2025-08-31).
- [16] Nielsen, L. (2019). *Personas – User focused design* (2nd ed.). Springer.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4471-7427-1> (Accessed 2025-08-31).
- [17] Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), PP.77-101.
<https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa> (Accessed 2025-08-31).